

501P1239US00

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

Jc872 U.S. PTO
09/932228
08/17/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月17日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-247232

出 願 人

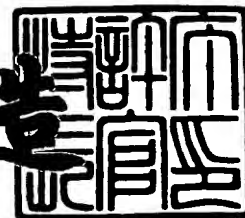
Applicant(s):

ソニー株式会社

2001年 5月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3048072

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000500003

【提出日】 平成12年 8月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03B 27/40

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都品川区東五反田1丁目14番10号 株式会社ソニー木原研究所内

 【氏名】 大木 光晴

【特許出願人】

 【識別番号】 000002185

 【氏名又は名称】 ソニー株式会社

 【代表者】 出井 伸之

【代理人】

 【識別番号】 100082131

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 稲本 義雄

 【電話番号】 03-3369-6479

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 032089

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9708842

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理装置および方法、並びに記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レンズからの距離が異なる複数の撮像面で撮像された画像を処理する画像処理装置において、

複数の前記撮像面で撮像された対象物体の複数の画像を取得する取得手段と、
前記取得手段により取得された複数の前記画像の重みを算出する第 1 の算出手段と、

前記取得手段により取得された複数の前記画像の平均値を算出する第 2 の算出手段と、

前記第 1 の算出手段により算出された前記重みと、前記第 2 の算出手段により算出された複数の前記画像の平均値に基づいて、重み付き平均を求めることにより、前記対象物体の最適な画像を生成する画像生成手段と

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 複数の前記撮像面で前記対象物体の画像を撮像する撮像手段をさらに備える

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】 レンズからの距離が異なる複数の撮像面で撮像された画像を処理する画像処理装置の画像処理方法において、

複数の前記撮像面で撮像された対象物体の複数の画像を取得する取得ステップと、

前記取得ステップの処理により取得された複数の前記画像の重みを算出する第 1 の算出ステップと、

前記取得ステップの処理により取得された複数の前記画像の平均値を算出する第 2 の算出ステップと、

前記第 1 の算出ステップの処理により算出された前記重みと、前記第 2 の算出ステップの処理により算出された複数の前記画像の平均値に基づいて、重み付き平均を求めることにより、前記対象物体の最適な画像を生成する画像生成ステップと

を含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 4】 レンズからの距離が異なる複数の撮像面で撮像された画像を処理する画像処理装置用のプログラムにおいて、

複数の前記撮像面で撮像された対象物体の複数の画像を取得する取得ステップと、

前記取得ステップの処理により取得された複数の前記画像の重みを算出する第 1 の算出ステップと、

前記取得ステップの処理により取得された複数の前記画像の平均値を算出する第 2 の算出ステップと、

前記第 1 の算出ステップの処理により算出された前記重みと、前記第 2 の算出ステップの処理により算出された複数の前記画像の平均値に基づいて、重み付き平均を求めることにより、前記対象物体の最適な画像を生成する画像生成ステップと

を含むことを特徴とするコンピュータが読み取り可能なプログラムが記録されている記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像処理装置および方法、並びに記録媒体に関し、特に、例えば、複数のピントのぼけ具合の異なる画像を用いて、ピントの合った 1 枚の画像を作成することができるようにした画像処理装置および方法、並びに記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

最近、カメラの中でも、オートフォーカスカメラが主流になりつつある。このオートフォーカスカメラは、対象物体までの距離を測定して、その距離に対応してレンズを最適な位置（フォーカスの合った、すなわち、ピントの合った画像を撮像面に投影することができる位置）に移動させた後、対象物体を撮影することにより、ピントの合った画像を得ることができる。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、ピントを合わせるために、レンズを移動させるための高価な部品を必要とする課題があった。

【0 0 0 4】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、低コストで、レンズを移動させることなく、ピントの合った画像を作成することができるようにするものである。

【0 0 0 5】

【課題を解決するための手段】

本発明の画像処理装置は、複数の撮像面で撮像された対象物体の複数の画像を取得する取得手段と、取得手段により取得された複数の画像の重みを算出する第1の算出手段と、取得手段により取得された複数の画像の平均値を算出する第2の算出手段と、第1の算出手段により算出された重みと、第2の算出手段により算出された複数の画像の平均値に基づいて、重み付き平均を求めることにより、対象物体の最適な画像を生成する画像生成手段とを備えることを特徴とする。

【0 0 0 6】

本発明の画像処理装置は、複数の撮像面で対象物体の画像を撮像する撮像手段をさらに設けるようにすることができる。

【0 0 0 7】

本発明の画像処理方法は、複数の撮像面で撮像された対象物体の複数の画像を取得する取得ステップと、取得ステップの処理により取得された複数の画像の重みを算出する第1の算出ステップと、取得ステップの処理により取得された複数の画像の平均値を算出する第2の算出ステップと、第1の算出ステップの処理により算出された重みと、第2の算出ステップの処理により算出された複数の画像の平均値に基づいて、重み付き平均を求めることにより、対象物体の最適な画像を生成する画像生成ステップとを含むことを特徴とする。

【0 0 0 8】

本発明の記録媒体に記録されているプログラムは、複数の撮像面で撮像された

対象物体の複数の画像を取得する取得ステップと、取得ステップの処理により取得された複数の画像の重みを算出する第 1 の算出ステップと、取得ステップの処理により取得された複数の画像の平均値を算出する第 2 の算出ステップと、第 1 の算出ステップの処理により算出された重みと、第 2 の算出ステップの処理により算出された複数の画像の平均値に基づいて、重み付き平均を求めることにより、対象物体の最適な画像を生成する画像生成ステップとを含むことを特徴とする。

【0009】

本発明の画像処理装置および方法、並びに記録媒体に記録されているプログラムにおいては、撮像された複数の画像の重みが算出されるとともに、複数の画像の平均値が算出され、算出された重みと複数の画像の平均値に基づいて、重み付き平均が求められることにより、対象物体の最適な画像が生成される。

【0010】

【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明を適用した実施の形態の構成例を示す図である。なお、説明をわかりやすくするために、撮像装置 2 と画像処理装置 3 は、個々に図示されているが、一体となってもよい。

【0011】

撮影対象物体 1 は、撮影の対象になる物体である。撮像装置 2 は、レンズ 1 1 (図 2) からの距離が異なる CCD 1 2 - 1 乃至 1 2 - 3 (図 2) により、撮影対象物体 1 の画像を撮像する。画像処理装置 3 は、撮像装置 2 で撮影された撮影対象物体 1 の 3 枚の画像を用いて、ピントの合った (フォーカスの合った) 1 枚の画像を作成する。

【0012】

図 2 は、撮像装置 2 の光学系の構成例を示す図である。

【0013】

レンズ 1 1 は、撮影対象物体 1 より入射された光を、図示せぬハーフミラーを介して、CCD (Charge Coupled Device) 1 2 - 1 の撮像面 1 2 - 1 a, CCD 1 2 - 2 の撮像面 1 2 - 2 a、および CCD 1 2 - 3 の撮像面 1 2 - 3 a にそれぞれ導

く。ここで、レンズ 1 1 は、焦点距離が Z であり、直径が D であり、撮影対象物体 1 との距離が A であるとする。

【 0 0 1 4 】

CCD 1 2 - 1 乃至 1 2 - 3 は、レンズ 1 1 の取り付け基準面から撮像面 1 2 - 1 a 乃至 1 2 - 3 a までの距離（フランジバック）が、それぞれ異なる位置に配置されており、複数の撮像画像を得ることができる。ここで、レンズ 1 1 の基準面と CCD 1 2 - 1 の撮像面 1 2 - 1 a との距離は B_1 であり、レンズ 1 1 の基準面と CCD 1 2 - 2 の撮像面 1 2 - 2 a との距離は B_2 であり、レンズ 1 1 の基準面と CCD 1 2 - 3 の撮像面 1 2 - 3 a との距離は B_3 であるとする。また、レンズ 1 1 の基準面と撮影対象物体 1 の結像位置 Q との距離は B であり、 $B_1 < B_2 < B_3 < B$ の関係が成り立つとする。

【 0 0 1 5 】

なお、距離 B_1 乃至距離 B_3 は固定されており、距離 A の値に関わらず、それらの値は、常に一定にされるとともに、距離 B に対して、距離 B_1 と距離 B_2 の差、および、距離 B_2 と距離 B_3 の差が微小であるように設定されている。ただし、レンズ 1 1 と結像位置 Q との距離 B は、撮影対象物体 1 とレンズ 1 1 との距離 A に応じて変化する。

【 0 0 1 6 】

CCD 1 2 - 1 の撮像面 1 2 - 1 a では、ピントがかなりずれた画像が撮像される。すなわち、錯乱円の半径が R_1 となる画像が撮像される。この画像は、ピントの合ったシャープな画像（レンズ 1 1 から距離 B だけ離れた位置に撮像面を配置した場合に撮影される画像）に対して、半径 R_1 のボックスフィルタをかけた画像と等価である。

【 0 0 1 7 】

なお、半径 R のボックスフィルタとは、原点から半径 R 内の位置（領域）においては、 $1/(\pi R^2)$ であり、それ以外の位置においては、0 となるフィルタのことである。

【 0 0 1 8 】

CCD 1 2 - 2 の撮像面 1 2 - 2 a では、CCD 1 2 - 1 の撮像面 1 2 - 1 a で撮像

される画像に比べると多少はピントが合っているが、それでもまだ、ピントがずれた画像が撮像される。すなわち、錯乱円の半径が R_2 となる画像が撮像される。この画像は、ピントの合ったシャープな画像（レンズ 1 1 から距離 B だけ離れた位置に撮像面を配置した場合に撮影される画像）に対して、半径 R_2 のボックスフィルタをかけた画像と等価である。

【 0 0 1 9 】

CCD 1 2 - 3 の撮像面 1 2 - 3 a では、CCD 1 2 - 2 の撮像面 1 2 - 2 a で撮像される画像に比べると多少はピントが合っているが、それでもまだ、ピントがずれた画像が撮像される。すなわち、錯乱円の半径が R_3 となる画像が撮像される。この画像は、ピントの合ったシャープな画像（レンズ 1 1 から距離 B だけ離れた位置に撮像面を配置した場合に撮影される画像）に対して、半径 R_3 のボックスフィルタをかけた画像と等価である。

【 0 0 2 0 】

このように、撮像装置 2 では、半径 R_1 の錯乱円である画像、半径 R_2 の錯乱円である画像、および、半径 R_3 の錯乱円である画像を撮像し、画像処理装置 3 に出力する。

【 0 0 2 1 】

なお、上述したように、距離 B_1 と距離 B_2 の差、および、距離 B_2 と距離 B_3 の差が微小であるように設定されているので、半径 R_1 と半径 R_2 、および、半径 R_2 と半径 R_3 は、ほぼ等しくなる。また、図 2 に示されるように、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 は、 $R_1 > R_2 > R_3$ の関係が成り立つ。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、画像処理装置 3 のハードウェアの電氣的構成例を示すブロック図である。

【 0 0 2 3 】

演算処理回路 2 1 は、バス 2 5 を介してプログラムメモリ 2 2 に格納されている処理プログラムを読み出し、後述する処理を行う。プログラムメモリ 2 2 は、演算処理回路 2 1 が処理を行うためのプログラムや、演算処理回路 2 1 の動作上必要なデータを記憶する。データメモリ 2 3 は、演算前の画像データや、演算処

理回路 2 1 で処理された処理データ（ピントの合った画像データ）などを記憶する。フレームメモリ 2 4 は、データメモリ 2 3 に記憶された処理データを画像表示部 2 9 に表示するために、その処理データを一旦格納する。演算処理回路 2 1、プログラムメモリ 2 2、データメモリ 2 3、およびフレームメモリ 2 4 は、バス 2 5 を介して相互に接続されているとともに、入出力インターフェース 2 6 にも接続されている。

【 0 0 2 4 】

入出力インターフェース 2 6 には、撮像装置 2 で撮影された複数の画像データを入力したり、処理データを外部装置に出力したりするための入出力端子 2 7、キーボードやマウスよりなる入力部 2 8、LCD (Liquid Crystal Display)、CRT (Cathode Ray Tube) などより構成される画像表示部 2 9 が接続されている。また、入出力インターフェース 2 6 には、必要に応じて、プログラムをインストールするためのドライブ 3 0 が接続されており、磁気ディスク 4 1、光ディスク 4 2、光磁気ディスク 4 3、または半導体メモリ 4 4 などが装着される。

【 0 0 2 5 】

次に、本発明の実施の形態の動作を説明する前に、撮像装置 2 より画像処理装置 3 に供給される画像（以下、 $G(x,y)$ と記載する）について詳しく説明する。

【 0 0 2 6 】

まず、画像 $G(x,y)$ に対して、次式 (1) で表わされる計算を考える。

【数 1】

$$H(x,y,T) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} G(x + T\cos(\theta), y + T\sin(\theta)) d\theta \quad \cdots (1)$$

【 0 0 2 7 】

ここで、 $H(x,y,T)$ は、位置 (x,y) から距離 T だけ離れた全ての位置における画像 $G(x,y)$ の平均値を表し、 θ は、角度変数を表している。すなわち、上記式 (1) では、位置 (x,y) から $(T\cos(\theta), T\sin(\theta))$ だけずれた位置の画像 $G(x,y)$ の値が、 $\theta = 0$ 乃至 2π の間で積分され、積分された値を 2π で除算することにより、画像 $G(x,y)$ の平均値が算出される。以下、画像 $G(x,y)$ の平均値は、画像 $H(x,y,T)$ と記載する。

【0028】

この画像 $G(x,y)$ は、ピントの合ったシャープな画像 $F(x,y)$ に対して、半径 R だけピンぼけした画像であるとする。すなわち、錯乱円の半径が R の画像が、画像 $G(x,y)$ であるとする。以下、錯乱円の半径が R である画像は、画像 $G(x,y,R)$ と記載する。

【0029】

上述したように、半径 R の錯乱円である画像 $G(x,y,R)$ は、ピントの合ったシャープな画像 $F(x,y)$ に対して、半径 R のボックスフィルタをかけた画像と等価であるので、半径 R の錯乱円である画像 $G(x,y,R)$ は、次式(2)で表わされる。

【数2】

$$G(x,y,R) = \frac{1}{\pi R^2} \iint_{S(R)} F(x+u, y+v) du dv \quad \dots (2)$$

【0030】

ここで、 $S(R)$ は、半径 R の円内を表わしている。すなわち、上記式(2)では、 (u,v) だけずれた位置のシャープな画像 $F(x,y)$ の値が、半径 R の円内($S(R)$)で二重積分され、二重積分された値を πR^2 で除算することにより、画像 $G(x,y,R)$ の値が算出される。

【0031】

この半径 R の錯乱円である画像 $G(x,y,R)$ の平均値は、上記式(2)を上記式(1)に代入することにより算出され、次式(3)で表わされる。

【数3】

$$\begin{aligned} H(x,y,T,R) \\ = \frac{1}{2\pi^2 R^2} \int_0^{2\pi} d\theta \iint_{S(R)} du dv F(x+T\cos(\theta)+u, y+T\sin(\theta)+v) \end{aligned} \quad \dots (3)$$

【0032】

ここで、 $H(x,y,T,R)$ は、位置 (x,y) から距離 T だけ離れた全ての位置における、半径 R の錯乱円である画像 $G(x,y,R)$ の平均値を表し、 θ は、角度変数を表わしている。以下、半径 R の錯乱円である画像 $G(x,y,R)$ の平均値は、画像 $H(x,y,T,R)$ と記載する。

【0033】

このように、半径 R の錯乱円である画像 $G(x, y, R)$ に対して、上記式 (1) の計算を行うことにより、新たな画像 $H(x, y, T, R)$ が得られる。この新たな画像 $H(x, y, T, R)$ は、ピントの合ったシャープな画像 $F(x, y)$ に対して、上記式 (3) の計算を行うことにより得られた画像 $H(x, y, T, R)$ と一致する。

【0034】

次に、ピントの合ったシャープな画像 $F(x, y)$ の各点の値が、上記式 (3) により算出される画像 $H(x, y, T, R)$ の値にどの程度寄与しているのか否かを考える。すなわち、位置 $(x+p, y+q)$ における画像 $F(x, y)$ の値が、位置 (x, y) における画像 $H(x, y, T, R)$ の値にどの程度寄与しているのか否かを表わすデータ $H_C(x, y, x+p, y+q, T, R)$ を算出することを考える。

【0035】

このデータ $H_C(x, y, x+p, y+q, T, R)$ は、ピントの合ったシャープな画像 $F(x, y)$ として、位置 $(x+p, y+q)$ においては 1、それ以外においては 0 であると仮定して、上記式 (3) を算出することにより求められる。すなわち、データ $H_C(x, y, x+p, y+q, T, R)$ は、デルタ関数を用いて、次式 (4) で表わされる。

【数4】

$$H_C(x, y, x+p, y+q, T, R) = \frac{1}{2\pi^2 R^2} \int_0^{2\pi} d\theta \iint_{S(R)} du dv \delta((x+T\cos(\theta)+u)-(x+p), \\ (y+T\sin(\theta)+v)-(y+q)) \quad \dots (4)$$

【0036】

ここで、 (u, v) の二重積分は、 x 座標が、 $x+T\cos(\theta)-(x+p)$ で、 y 座標が、 $y+T\sin(\theta)-(y+q)$ である点が、半径 R 内の位置に存在すれば 1、存在しなければ 0 となる。すなわち、点 $(x+T\cos(\theta), y+T\sin(\theta))$ を中心とする半径 R 内に、点 $(x+p, y+q)$ が存在すれば 1、存在しなければ 0 とする。

【0037】

このように、上記式 (4) において、 (u, v) の二重積分の値が 1 となる範囲を図 4 に示す。

【 0 0 3 8 】

図 4 において、横軸を x 軸とし、縦軸を y 軸とする（なお、図 4 以降の図においても同様とする）。同図において、領域 5 1 および領域 5 2 は、いずれも半径 R の円であり、点 (x, y) から距離 T だけ離れた位置にその円の中心があり、かつ、円周上に点 $(x+p, y+q)$ が存在する。また、 x 軸方向に対して、点 (x, y) から領域 5 1 の中心方向の角度は ϕ_1 であり、点 (x, y) から領域 5 2 の中心方向の角度は ϕ_2 である。なお、距離 T は、 $T > R$ であるとする。

【 0 0 3 9 】

このように、角度 ϕ_1 と角度 ϕ_2 を定義した場合、角度 ϕ_1 と角度 ϕ_2 の間に角度 θ が存在すれば、点 $(x+T\cos(\theta), y+T\sin(\theta))$ を中心とする半径 R 内に点 $(x+p, y+q)$ が存在することになる。従って、次式 (5) で表わされるように、上記式 (4) を変形することができる。ここで、 $\Delta\phi$ は、 $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$ を表わしている。

【数 5】

$$H_c(x, y, x+p, y+q, T, R) = \frac{1}{2\pi^2 R^2} \int_{\phi_1}^{\phi_2} 1 d\theta = \frac{1}{2\pi^2 R^2} (\phi_2 - \phi_1) = \frac{\Delta\phi}{2\pi^2 R^2} \quad \dots (5)$$

【 0 0 4 0 】

図 5 は、上記式 (5) により算出されるデータ $H_c(x, y, x+p, y+q, T, R)$ がどのような範囲の値であるのかを示す図である。ここで、 $\Delta\phi$ は、図 4 に示された $\phi_2 - \phi_1$ と等しい値である。

【 0 0 4 1 】

図 5 において、領域 6 1 は、半径 R の円であり、原点 O から距離 T だけ離れた位置にその円の中心 $(T, 0)$ があり、かつ、円周上に、原点 O からの距離が L である点 P_1, P_2 が存在する。ここで、 L は、図 4 に示された、点 (x, y) と点 $(x+p, y+q)$ との距離を表わしており、 $L = \sqrt{p^2 + q^2}$ である。 $\Delta\phi$ は、原点 O から見た、点 P_1 と点 P_2 からなる円弧の部分の角度を表わしている。なお、距離 L は、 $(T - R) \leq L \leq (T + R)$ であるとする。

【 0 0 4 2 】

このように、距離 T が、 $T > R$ で、かつ、点 (x, y) と点 $(x+p, y+q)$ との距離 L が、 $(T-R) \leq L \leq (T+R)$ となる場合には、上記式 (4) に示されたデータ $H_C(x, y, x+p, y+q, T, R)$ の値を算出することができる。また、距離 T が、 $T < R$ となる場合にも、同様に、上記式 (4) に示されたデータ $H_C(x, y, x+p, y+q, T, R)$ の値を算出することができる。

【 0 0 4 3 】

図 6 は、距離 T が、 $T < R$ で、かつ、点 (x, y) と点 $(x+p, y+q)$ との距離 L が、 $(R-T) \leq L \leq (T+R)$ となる場合に、上記式 (4) により算出されるデータ $H_C(x, y, x+p, y+q, T, R)$ がどのような範囲の値であるのかを示す図である。

【 0 0 4 4 】

図 6 において、領域 7 1 は、半径 R の円であり、原点 O から距離 T だけ離れた位置にその円の中心 $(T, 0)$ があり、かつ、円周上に、原点 O からの距離が L である点 P_1, P_2 が存在する。ここで、 L は、図 4 に示された、点 (x, y) と点 $(x+p, y+q)$ との距離を表わしており、 $L = \sqrt{p^2 + q^2}$ である。 $\Delta \phi$ は、原点 O から見た、点 P_1 と点 P_2 からなる円弧の部分の角度を表わしている。

【 0 0 4 5 】

図 7 は、距離 T が、 $T < R$ で、かつ、点 (x, y) と点 $(x+p, y+q)$ との距離 L が、 $L < (R-T)$ となる場合に、上記式 (4) により算出されるデータ $H_C(x, y, x+p, y+q, T, R)$ がどのような範囲の値であるのかを示す図である。

【 0 0 4 6 】

図 7 において、領域 8 1 は、半径 R の円であり、かつ、原点 O から距離 T だけ離れた位置にその円の中心 $(T, 0)$ がある。この場合、 $\Delta \phi$ は、全ての角度 θ (0 度乃至 360 度) において、 $(T \cos(\theta), T \sin(\theta))$ を中心とする半径 R 内に点 (p, q) が存在するので、 $\Delta \phi = 360$ 度である。

【 0 0 4 7 】

図 5 乃至図 7 に示された図からわかるように、上記式 (4) のデータ $H_C(x, y, x+p, y+q, T, R)$ は、値 x 、値 y 、値 p 、および値 q に、直接は関係しておらず、点 (x, y) と点 $(x+p, y+q)$ との距離 L に関係している。以下、説明をわかりやすくするために、データ $H_C(x, y, x+p, y+q, T, R)$ は、データ $H_C(L, T, R)$ と記載する。

【0048】

ところで、 $T > R$ で、かつ、 $L < (T - R)$ となる場合や、あるいは、 $T > R$ で、かつ、 $(T + R) < L$ となる場合には、任意の角度 θ （0度乃至360度）において、 $(T \cos(\theta), T \sin(\theta))$ を中心とする半径 R 内に点 (p, q) は存在しないことを考慮すると、上記式（4）は、次式（6）で表わされる。

【数6】

$$H_c(L, T, R) = \frac{\Delta\phi}{2\pi^2 R^2} = \begin{cases} \frac{360}{2\pi^2 R^2} \text{度} & (0 \leq L \leq (R - T) \text{の時}) \\ \frac{2}{\pi^2 R^2} \cos^{-1} \left\{ \sqrt{M \cdot (M - R) / L / T} \right\} & (|T - R| < L < T + R \text{の時}) \\ 0 \text{度} & (\text{上記以外の時}) \end{cases} \quad \dots (6)$$

【0049】

ここで、 M は、次式（7）で表わされる。

【数7】

$$M = (L + R + T) / 2 \quad \dots (7)$$

【0050】

このように、半径 R の錯乱円である画像 $G(x, y, R)$ に対して、上記式（1）を算出することにより、新たな画像 $H(x, y, T, R)$ を得ることができる。この新たな画像 $H(x, y, T, R)$ は、ピントの合ったシャープな画像 $F(x, y)$ に対して、上記式（3）により算出された画像 $H(x, y, T, R)$ と一致する。

【0051】

ここで、任意の位置 (x, y) に着目すると、この任意の位置 (x, y) における画像 $H(x, y, T, R)$ の値は、上記式（3）で示されたように、各位置 $(x + p, y + q)$ における画像 $F(x, y)$ の値に重みを付けて加算（積分）することで得られる。この重み（すなわち寄与率）は、 $L = \sqrt{(p^2 + q^2)}$ の関数であり、その値は、上記式（6）に示されたデータ $H_c(L, T, R)$ である。

【0052】

次に、ピントの合ったシャープな1枚の画像 $F(x, y)$ に対して、ピントのぼけ具

合の異なる 3 枚の画像を考える。

§

これら 3 枚の画像のピントのぼけ具合（すなわち、錯乱円の半径）を、 R_1, R_2, R_3 ($R_1 > R_2 > R_3$) とする。これにより、3 枚の画像は、 $G_1(x, y, R_1)$ 、 $G_2(x, y, R_2)$ 、および $G_3(x, y, R_3)$ と表わされる。そして、これらの画像 $G_1(x, y, R_1)$ 、画像 $G_2(x, y, R_2)$ 、および画像 $G_3(x, y, R_3)$ に対して、上記式 (3) を算出する。なお、画像 $G_1(x, y, R_1)$ に対しては、 $T = R_2$ とし、画像 $G_2(x, y, R_2)$ に対しては、 $T = R_1$ とし、画像 $G_3(x, y, R_3)$ に対しては、 $T = R_1 + R_2 - R_3$ とする。

【0053】

上記式 (3) の算出の結果、画像 $G_1(x, y, R_1)$ の平均値は画像 $H(x, y, R_2, R_1)$ 、画像 $G_2(x, y, R_2)$ の平均値は $H(x, y, R_1, R_2)$ 、画像 $G_3(x, y, R_3)$ の平均値は $H(x, y, R_1 + R_2 - R_3, R_3)$ となる。これら 3 枚の画像に対して、重み w_1, w_2, w_3 を用いて、次式 (8) に従って、重み付き平均を行う。

【数 8】

$$H_3(x, y, R_1, R_2, R_3, w_1, w_2, w_3) \\ = w_1 \cdot H(x, y, R_2, R_1) + w_2 \cdot H(x, y, R_1, R_2) + w_3 \cdot H(x, y, R_1 + R_2 - R_3, R_3) \\ \dots (8)$$

【0054】

ここで、 $H_3(x, y, R_1, R_2, R_3, w_1, w_2, w_3)$ は、3 枚の画像の $H(x, y, R_2, R_1)$ 、 $H(x, y, R_1, R_2)$ 、および $H(x, y, R_1 + R_2 - R_3, R_3)$ の重み付き平均を表わしており、以下、画像 H_3 と略記する。このように、任意の位置 (x, y) における、画像 H_3 の値は、各位置 $(x + p, y + q)$ における画像 $F(x, y)$ の値に重みを付けて加算（積分）することで得られる。この重み（すなわち、寄与率）は、次式 (9) で表わされる。

【数 9】

$$H_{3c}(L, R_1, R_2, R_3, w_1, w_2, w_3) \\ = w_1 \cdot H_c(L, R_2, R_1) + w_2 \cdot H_c(L, R_1, R_2) + w_3 \cdot H_c(L, R_1 + R_2 - R_3, R_3) \\ \dots (9)$$

【0055】

ここで、 $H_{3c}(L, R_1, R_2, R_3, w_1, w_2, w_3)$ は、画像 H_3 の重みを表わし、以下、重み H_3

c と略記する。Lは、図4に示された、点(x,y)と点(x+p,y+q)との距離を表わしており、 $L = \sqrt{(p^2 + q^2)}$ である。

【 0 0 5 6 】

図8は、上記式(9)により算出される重み H_{3C} がどのような範囲の値であるのかを示す図である。

【 0 0 5 7 】

図8において、領域91乃至領域93は、それぞれ、半径 R_1 、半径 R_2 、および、半径 R_3 の円であり、かつ、それらの円の中心が $(R_2, 0)$ 、 $(R_1, 0)$ 、および、 $(R_1 + R_2 - R_3, 0)$ である。ここで、距離Lが、 $L < (R_1 - R_2)$ である場合を例として、同図に示される距離 L_1 を考える。

【 0 0 5 8 】

この場合、上記式(9)に示された右辺の第1項である $W_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1)$ は、図7を参照して説明したように、上記式(6)に示された $0 \leq L \leq (R - T)$ の範囲に相当するので、次式で表わされる。

$$W_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1) = W_1 \cdot (360/2(\pi R_1)^2)$$

なお、上記式(9)に示された右辺の第2項である $W_2 \cdot H_C(L, R_1, R_2)$ 、および、第3項である $W_3 \cdot H_C(L, R_1 + R_2 - R_3, R_3)$ は、ともに0である。

【 0 0 5 9 】

次に、距離Lが、 $(R_1 - R_2) \leq L < (R_1 + R_2) - (2 \cdot R_3)$ である場合を例として、図8に示される距離 L_2 を考える。ここで、原点Oから見た、点 N_1 、点 N_2 、点 N_3 、および点 N_4 からなる円弧の部分の角度を $\angle N_1 N_2 N_3 N_4$ と表わし、原点Oから見た、点 N_2 と点 N_3 からなる円弧の部分の角度を $\angle N_2 N_3$ と表わす。

【 0 0 6 0 】

この場合、上記式(9)に示された右辺の第1項である $W_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1)$ は、次式で表わされる。

$$W_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1) = W_1 \cdot (\angle N_1 N_2 N_3 N_4 / 2(\pi R_1)^2)$$

また、上記式(9)に示された右辺の第2項である $W_2 \cdot H_C(L, R_1, R_2)$ は、次式で表わされる。

$$W_2 \cdot H_C(L, R_1, R_2) = W_2 \cdot (\angle N_2 N_3 / 2(\pi R_2)^2)$$

なお、上記式 (9) に示された右辺の第 3 項である $w_3 \cdot H_C(L, R_1 + R_2 - R_3, R_3)$ は、0 である。

【 0 0 6 1 】

次に、距離 L が、 $(R_1 + R_2 - R_3) \leq L < (R_1 + R_2)$ である場合を例として、図 8 に示される距離 L_3 を考える。ここで、原点 O から見た、点 N_5 、点 N_6 、点 N_7 、点 N_8 、点 N_9 、および点 N_{10} からなる円弧の部分の角度を $\angle N_5 N_6 N_7 N_8 N_9 N_{10}$ と表わし、原点 O から見た、点 N_6 、点 N_7 、点 N_8 、および点 N_9 からなる円弧の部分の角度を $\angle N_6 N_7 N_8 N_9$ と表わし、原点 O から見た、点 N_7 と点 N_8 からなる円弧の部分の角度を $\angle N_7 N_8$ と表わす。

【 0 0 6 2 】

この場合、上記式 (9) に示された右辺の第 1 項である $w_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1)$ は、次式で表わされる。

$$w_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1) = w_1 \cdot (\angle N_5 N_6 N_7 N_8 N_9 N_{10} / 2(\pi R_1)^2)$$

また、上記式 (9) に示された右辺の第 2 項である $w_2 \cdot H_C(L, R_1, R_2)$ は、次式で表わされる。

$$w_2 \cdot H_C(L, R_1, R_2) = w_2 \cdot (\angle N_6 N_7 N_8 N_9 / 2(\pi R_2)^2)$$

さらにまた、上記式 (9) に示された右辺の第 3 項である $w_3 \cdot H_C(L, R_1 + R_2 - R_3, R_3)$ は、次式で表わされる。

$$w_3 \cdot H_C(L, R_1 + R_2 - R_3, R_3) = w_3 \cdot (\angle N_7 N_8 / 2(\pi R_3)^2)$$

【 0 0 6 3 】

なお、距離 L が、 $(R_1 + R_2) \leq L$ である場合、上記式 (9) に示された右辺の各項は、すべて 0 である。

【 0 0 6 4 】

図 8 からわかるように、例えば、 $w_1 = (\pi R_1)^2$ 、 $w_2 = -2 \cdot (\pi R_2)^2$ 、および、 $w_3 = (\pi R_3)^2$ とすると、 $L = L_1$ である場合、重み H_{3C} の値は、次式で表わされる。

$$H_{3C} = 360/2 = 180$$

また、 $L = L_2$ である場合、重み H_{3C} の値は、次式で表わされる。

$$H_{3C} = (\angle N_1 N_2 N_3 N_4 / 2) - 2 \cdot (\angle N_2 N_3 / 2)$$

この値は、図 8 からわかるように、ほぼ 0 である。また、 $L = L_3$ である場合

、重み H_{3C} の値は、次式で表わされる。

$$H_{3C} = (\angle N_5 N_6 N_7 N_8 N_9 N_{10} / 2) - 2 \cdot (\angle N_6 N_7 N_8 N_9 / 2) + (\angle N_7 N_8 / 2)$$

この値は、図 8 からわかるように、ほぼ 0 である。

【 0 0 6 5 】

このように、重み W_1 , W_2 , W_3 を設定すると、距離 L が、 $L < (R_1 - R_2)$ となる場合に比べて、 $L \geq (R_1 - R_2)$ の場合には、3枚の画像の重み H_{3C} の値が、極端に 0 に近づく。従って、位置 (x, y) の画像 H_3 の値に寄与するシャープな画像 $F(x, y)$ の値は、その位置が (x, y) 付近に存在するもののみであることがわかる。

【 0 0 6 6 】

次に、ピントの合ったシャープな 1 枚の画像 $F(x, y)$ に対して、ピントのぼけ具合の異なる 2 枚の画像を考える。

【 0 0 6 7 】

これら 2 枚の画像のピントのぼけ具合（すなわち、錯乱円の半径）を、 R_1 , R_2 ($R_1 > R_2$) とする。すなわち、2 枚の画像は、 $G_1(x, y, R_1)$ 、および、 $G_2(x, y, R_2)$ と表わされる。そして、これらの画像 $G_1(x, y, R_1)$ および画像 $G_2(x, y, R_2)$ に対して、上記式 (3) を算出する。なお、画像 $G_1(x, y, R_1)$ に対しては、 $T = R_2$ とし、画像 $G_2(x, y, R_2)$ に対しては、 $T = R_1$ とする。

【 0 0 6 8 】

上記式 (3) の算出の結果、画像 $G_1(x, y, R_1)$ の平均値は画像 $H(x, y, R_2, R_1)$ 、画像 $G_2(x, y, R_2)$ の平均値は画像 $H(x, y, R_1, R_2)$ となる。これら 2 枚の画像に対して、重み W_1 , W_2 を用いて、次式 (10) に従って、重み付き平均を行う。

【数 10】

$$H_2(x, y, R_1, R_2, W_1, W_2) = W_1 \cdot H(x, y, R_2, R_1) + W_2 \cdot H(x, y, R_1, R_2) \quad \dots (10)$$

【 0 0 6 9 】

ここで、 $H_2(x, y, R_1, R_2, W_1, W_2)$ は、2 枚の画像の $H(x, y, R_2, R_1)$ および $H(x, y, R_1, R_2)$ の重み付き平均を表わしており、以下、画像 H_2 と略記する。このように、任意の位置 (x, y) における、画像 H_2 の値は、各位置 $(x+p, y+q)$ における画像 $F(x, y)$ の値に重みを付けて加算（積分）することで得られる。この重み（すなわち、寄与

率) は、次式 (11) で表わされる。

【数 1 1】

$$H_{2C}(L, R_1, R_2, W_1, W_2) = W_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1) + W_2 \cdot H_C(L, R_1, R_2) \quad \cdots (11)$$

【0 0 7 0】

ここで、 $H_{2C}(L, R_1, R_2, W_1, W_2)$ は、画像 H_2 の重みを表わし、以下、重み H_{2C} と略記する。L は、図 4 に示された、点 (x, y) と点 (x+p, y+q) との距離を表わしており、 $L = \sqrt{p^2 + q^2}$ である。

【0 0 7 1】

図 9 は、上記式 (11) により算出される重み H_{2C} がどのような範囲の値であるのかを示す図である。

【0 0 7 2】

図 9 において、領域 1 0 1 および領域 1 0 2 は、それぞれ、半径 R_1 および半径 R_2 であり、かつ、それらの円の中心が $(R_2, 0)$ および $(R_1, 0)$ である。ここで、距離 L が、 $L < (R_1 - R_2)$ である場合を例として、同図に示される距離 L_4 を考える。

【0 0 7 3】

この場合、上記式 (11) に示された右辺の第 1 項である $W_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1)$ は、図 7 を参照して説明したように、上記式 (6) に示された $0 \leq L \leq (R - T)$ の範囲に相当するので、次式で表わされる。

$$W_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1) = W_1 \cdot (360/2(\pi R_1)^2)$$

なお、上記式 (9) に示された右辺の第 2 項である $W_2 \cdot H_C(L, R_1, R_2)$ は、0 である。

【0 0 7 4】

次に、距離 L が、 $(R_1 - R_2) \leq L < (R_1 + R_2)$ である場合を例として、図 9 に示される距離 L_5 を考える。ここで、原点 O から見た、点 N_{11} 、点 N_{12} 、点 N_{13} 、および点 N_{14} からなる円弧の部分の角度を $\angle N_{11} N_{12} N_{13} N_{14}$ と表わし、原点 O から見た、点 N_{12} と点 N_{13} からなる円弧の部分の角度を $\angle N_{12} N_{13}$ と表わす。

【0 0 7 5】

この場合、上記式 (11) に示された右辺の第 1 項である $W_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1)$ は、次式で表わされる。

$$W_1 \cdot H_C(L, R_2, R_1) = W_1 \cdot (\angle N_{11} N_{12} N_{13} N_{14} / 2 (\pi R_1)^2)$$

また、上記式 (11) に示された右辺の第2項である $W_2 \cdot H_C(L, R_1, R_2)$ は、次式で表わされる。

$$W_2 \cdot H_C(L, R_1, R_2) = W_2 \cdot (\angle N_{12} N_{13} / 2 (\pi R_2)^2)$$

【0076】

なお、距離 L が、 $(R_1 + R_2) \leq L$ である場合、上記式 (11) に示された右辺の各項は、すべて0である。

【0077】

図9に示される図からわかるように、例えば、 $W_1 = (\pi R_1)^2$ 、および、 $W_2 = -C \cdot (\pi R_2)^2$ とすると、 $L = L_4$ である場合、重み H_{2C} の値は、次式で表わされる。ここで、 C は、ほぼ1.2となる値である。

$$H_{2C} = 360/2 = 180$$

また、 $L = L_5$ である場合、重み H_{2C} の値は、次式で表わされる。

$$H_{2C} = (\angle N_{11} N_{12} N_{13} N_{14} / 2) - C \cdot (\angle N_{12} N_{13} / 2)$$

この値は、図9からもわかるように、ほぼ0である。

【0078】

このように、重み W_1 、 W_2 を設定すると、距離 L が、 $L < (R_1 - R_2)$ となる場合に比べて、 $L \geq (R_1 - R_2)$ の場合には、2枚の画像の重み H_{2C} の値が、極端に0に近づく。従って、位置 (x, y) の画像 H_2 の値に寄与するシャープな画像 $F(x, y)$ の値は、その位置が (x, y) 付近に存在するもののみであることがわかる。

【0079】

次に、図10のフローチャートを参照して、画像処理装置3が実行する、ピントのぼけ具合の異なる3枚の画像を用いて、ピントの合ったシャープな1枚の画像に修復する処理について説明する。

【0080】

ステップS1において、演算処理回路21は、修復を行う（ピント合わせを行う）ための複数（いまの場合、3枚）の画像データを撮像装置2から読み込み、入出力端子27、入出力インタフェース26、およびバス25を介してデータメモリ23に一旦記憶させる。これにより、データメモリ23には、3枚の画像 G_1

(x, y) 、画像 $G_2(x, y)$ 、および画像 $G_3(x, y)$ が記憶される。

【 0 0 8 1 】

ステップ S 2 において、入力部 2 8 は、ステップ S 1 の処理で読み込まれた 3 枚の画像データに対して、ぼけ具合（錯乱円の半径）の入力を行う。すなわち、ユーザにより入力部 2 8 が操作され、3 枚の画像データに対して、ぼけ具合の入力が行われる。これにより 3 枚の画像 $G_1(x, y, R_1)$ 、画像 $G_2(x, y, R_2)$ 、および画像 $G_3(x, y, R_3)$ が設定される。

【 0 0 8 2 】

ステップ S 3 において、演算処理回路 2 1 は、データメモリ 2 3 に記憶されている 3 枚の画像データを読み出し、重み W_1 、 W_2 、 W_3 を算出する。ここで、演算処理回路 2 1 は、上記式（9）に示された重み H_{3C} の値が、 $L > (R_1 - R_2)$ の範囲において、なるべく小さい値となるような重み W_1 、 W_2 、 W_3 を算出する。そして、演算処理回路 2 1 は、算出した重み W_1 、 W_2 、 W_3 をデータメモリ 2 3 に記憶する。

【 0 0 8 3 】

ステップ S 4 において、演算処理回路 2 1 は、データメモリ 2 3 に記憶されている 3 枚の画像データの平均値をそれぞれ算出する。すなわち、演算処理回路 2 1 は、画像 $G_1(x, y, R_1)$ 、画像 $G_2(x, y, R_2)$ 、および画像 $G_3(x, y, R_3)$ の平均値を、次式（12）、次式（13）、および、次式（14）に従って、それぞれ算出する。

【数 1 2】

$$h_1(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} G_1(x + R_2 \cos(\theta), y + R_2 \sin(\theta)) d\theta \quad \dots (12)$$

【数 1 3】

$$h_2(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} G_2(x + R_1 \cos(\theta), y + R_1 \sin(\theta)) d\theta \quad \dots (13)$$

【数 1 4】

$$\begin{aligned} h_3(x, y) \\ = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} G_3(x + (R_1 + R_2 - R_3) \cdot \cos(\theta), y + (R_1 + R_2 - R_3) \cdot \sin(\theta)) d\theta \\ \dots (14) \end{aligned}$$

【 0 0 8 4 】

上記式 (1 2) では、位置 (x, y) から $(R_2 \cos(\theta), R_2 \sin(\theta))$ だけずれた位置の画像 $G_1(x, y, R_1)$ の値が、 $\theta = 0$ 乃至 2π の間で積分され、積分された値を 2π で除算することにより、画像 $G_1(x, y, R_1)$ の平均値が算出される。上記式 (1 3) では、位置 (x, y) から $(R_1 \cos(\theta), R_1 \sin(\theta))$ だけずれた位置の画像 $G_2(x, y, R_2)$ の値が、 $\theta = 0$ 乃至 2π の間で積分され、積分された値を 2π で除算することにより、画像 $G_2(x, y, R_2)$ の平均値が算出される。上記式 (1 4) では、位置 (x, y) から $((R_1 + R_2 - R_3) \cos(\theta), (R_1 + R_2 - R_3) \sin(\theta))$ だけずれた位置の画像 $G_3(x, y, R_3)$ の値が、 $\theta = 0$ 乃至 2π の間で積分され、積分された値を 2π で除算することにより、画像 $G_3(x, y, R_3)$ の平均値が算出される。

【 0 0 8 5 】

ステップ S 5 において、演算処理回路 2 1 は、ステップ S 4 の処理で算出された 3 枚の画像データの平均値である画像 $h_1(x, y)$ 、画像 $h_2(x, y)$ 、および画像 $h_3(x, y)$ に対して、ステップ S 3 の処理で算出された重み W_1 、 W_2 、 W_3 を用いて、次式 (1 5) に従って、重み付き平均を行う。

【数 1 5】

$$H_3(x, y) = W_1 \cdot h_1(x, y) + W_2 \cdot h_2(x, y) + W_3 \cdot h_3(x, y) \quad \dots (15)$$

【 0 0 8 6 】

上記式 (1 5) では、画像 $h_1(x, y)$ 、画像 $h_2(x, y)$ 、および、画像 $h_3(x, y)$ の値に、それぞれ、重み W_1 、 W_2 、 W_3 を付けて加算することで、画像 H_3 が得られる。

【 0 0 8 7 】

そして、ステップ S 5 において、演算処理回路 2 1 は、算出された画像 H_3 をデータメモリ 2 3 に記憶させる。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 6 において、演算処理回路 2 1 は、ステップ S 5 の処理で算出され、データメモリ 2 3 に記憶されている画像 H_3 を読み出し、フレームメモリ 2 4 に一旦記憶させる。そして、演算処理回路 2 1 は、フレームメモリ 2 4 に記憶されている画像を、バス 2 5 および入出力インタフェース 2 6 を介して画像表示部 2 9 に出力させ、処理は終了される。

【 0 0 8 9 】

このように、3枚のピントのぼけ具合（錯乱円の半径）の異なる画像の重み付き平均を行うことにより、ピントの合ったシャープな1枚の画像を得ることができる。

【 0 0 9 0 】

ところで、上述した処理では、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 は、いずれも、その値が既知であると仮定して、入力部28を用いてユーザにより入力されたが、一般的には、この値は、不明である。従って、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 の値を、変化させて、最適な画像 H_3 が得られるまで、上述した処理を繰り返し行うようにすれば良い。

【 0 0 9 1 】

ここで、最適な画像 H_3 を得るためには、画像表示部29に表示された画像をユーザにより判断させるか（ピントが合っているか否かを目で見えて判断させるか）、あるいは、ピントの合っていない画像には高周波成分が含まれていないことを利用して、高周波成分が含まれているのか否かを自動でチェックさせる。

【 0 0 9 2 】

しかしながら、図2に示された図より明らかな様に、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 は、次式(16)の関係が成り立つ。

【数16】

$$R_1 : R_2 : R_3 : (D/2) = (B - B_1) : (B - B_2) : (B - B_3) : B \quad \dots (16)$$

【 0 0 9 3 】

ここで、距離 B の値は不定であるが、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 との間には、上記式(16)を満たすような関係がある。従って、上記式(16)の関係を満たすような半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 についてのみ、上述した処理を行えば良い。

【 0 0 9 4 】

また、撮影対象物体1とレンズ11との距離 A が既知であれば、次式(17)に従って、距離 B の値を算出することができる。

【数 17】

$$(1/A) + (1/B) = (1/Z) \quad \dots (17)$$

【0095】

このように、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 は、上記式(16)と式(17)により算出(確定)される。

【0096】

さらにまた、画像 $G_1(x,y)$ 、画像 $G_2(x,y)$ 、および画像 $G_3(x,y)$ をそれぞれ解析することにより、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 の比を算出することもできる。すなわち、上述したように、画像 $G_1(x,y)$ 、画像 $G_2(x,y)$ 、および画像 $G_3(x,y)$ は、それぞれ、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 のボックスフィルタをかけた画像である。例えば、画像 G に、半径 R のボックスフィルタをかけた場合、周波数 ω の成分は、次式(18)で表わされる。

【数 18】

$$2 \cdot R \cdot \text{sinc}(\omega R / \pi) = 2 \cdot R \cdot \sin(\omega R) / \omega R \quad \dots (18)$$

【0097】

従って、画像 $G_1(x,y)$ 、画像 $G_2(x,y)$ 、および画像 $G_3(x,y)$ に対して、それぞれ、周波数分解して、各周波数の成分 ω を算出し、各周波数における成分の比が、次式(19)を満たすような、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 の比を決定すれば良い。

【数 19】

$$R_1 \cdot \text{sinc}(\omega R_1 / \pi) : R_2 \cdot \text{sinc}(\omega R_2 / \pi) : R_3 \cdot \text{sinc}(\omega R_3 / \pi) \dots (19)$$

【0098】

このように、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 の比が、上記式(19)により算出(確定)される。

【0099】

以上のように、すべての半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 に対して、上述した処理を行う必要はなく、上記式(16)と式(17)により算出される半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 、あるいは、上記式(19)を満たすような、半径 R_1 、半径 R_2 、および半径 R_3 についてのみ処理を行えば良い。

【0 1 0 0】

次に、画像処理装置 3 が実行する、ピントのぼけ具合の異なる 2 枚の画像を用いて、ピントの合ったシャープな 1 枚の画像に修復する処理について、再び、図 10 のフローチャートを参照して説明する。

【0 1 0 1】

ステップ S 1 において、演算処理回路 2 1 は、修復を行う（ピント合わせを行う）ための複数（いまの場合、2 枚）の画像データを撮像装置 2 から読み込み、入出力端子 2 7、入出力インタフェース 2 6、およびバス 2 5 を介してデータメモリ 2 3 に一旦記憶させる。これにより、データメモリ 2 3 には、3 枚の画像 $G_1(x,y)$ 、および、画像 $G_2(x,y)$ が記憶される。

【0 1 0 2】

ステップ S 2 において、入力部 2 8 は、ステップ S 1 の処理で読み込まれた 2 枚の画像データに対して、ぼけ具合（錯乱円の半径）の入力を行う。すなわち、ユーザにより入力部 2 8 が操作され、2 枚の画像データに対して、ぼけ具合の入力が行われる。これにより、画像 $G_1(x,y,R_1)$ 、および、画像 $G_2(x,y,R_2)$ が設定される。

【0 1 0 3】

ステップ S 3 において、演算処理回路 2 1 は、データメモリ 2 3 に記憶されている 2 枚の画像データを読み出し、重み W_1 、 W_2 を算出する。ここで、演算処理回路 2 1 は、上記式 (1 1) に示された重み H_{2C} の値が、 $L > (R_1 - R_2)$ の範囲において、なるべく小さい値となるような重み W_1 、 W_2 を算出する。そして、演算処理回路 2 1 は、算出した重み W_1 、 W_2 をデータメモリ 2 3 に記憶する。

【0 1 0 4】

ステップ S 4 において、演算処理回路 2 1 は、データメモリ 2 3 に記憶されている 2 枚の画像データの平均値をそれぞれ算出する。すなわち、演算処理回路 2 1 は、画像 $G_1(x,y,R_1)$ 、および、画像 $G_2(x,y,R_2)$ の平均値を、上記式 (1 2)、および、上記式 (1 3) に従って、それぞれ算出する。

【0 1 0 5】

ステップ S 5 において、演算処理回路 2 1 は、ステップ S 4 の処理で算出され

た 2 枚の画像データの平均値である画像 $h_1(x, y)$ 、および、画像 $h_2(x, y)$ に対して、ステップ S 3 の処理で算出された重み w_1 、 w_2 を用いて、次式 (20) に従って、重み付き平均を行う。

【数 20】

$$H_2(x, y) = w_1 \cdot h_1(x, y) + w_2 \cdot h_2(x, y) \quad \dots (20)$$

【0106】

上記式 (20) では、画像 $h_1(x, y)$ 、および、画像 $h_2(x, y)$ の値に、それぞれ、重み w_1 、 w_2 を付けて加算することで、画像 H_2 が得られる。

【0107】

そして、ステップ S 5 において、演算処理回路 21 は、算出された画像 H_2 をデータメモリ 23 に記憶させる。

【0108】

ステップ S 6 において、演算処理回路 21 は、ステップ S 5 の処理で算出され、データメモリ 23 に記憶されている画像 H_2 を読み出し、フレームメモリ 24 に一旦記憶させる。そして、演算処理回路 21 は、フレームメモリ 24 に記憶されている画像を、バス 25 および入出力インタフェース 26 を介して画像表示部 29 に出力させ、処理は終了される。

【0109】

このように、2 枚のピントのぼけ具合（錯乱円の半径）の異なる画像の重み付き平均を行うことにより、ピントの合ったシャープな 1 枚の画像を得ることができる。

【0110】

また、2 枚または 3 枚のぼけ具合の異なる画像に限らず、4 枚以上のぼけ具合の異なる画像の重み付き平均を行うことにより、ピントの合ったシャープな 1 枚の画像を得ることができる。

【0111】

従って、複数枚のぼけ具合の異なる画像から、ピントの合ったシャープな 1 枚の画像を算出する場合、一般的には、次式 (21) で表わされる。

【数 2 1】

$$H_K(x, y) = \sum_{i=1}^{i=K} \sum_{j=1}^{j=J(i)} W_{ij} \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} G_i(x + T_{ij} \cos(\theta), y + T_{ij} \sin(\theta)) d\theta \quad \dots (21)$$

【0 1 1 2】

ここで、 $H_K(x, y)$ は、 k 枚の異なる錯乱円（半径 R_i （ $i = 1$ 乃至 k ））を持つ画像 $G_i(x, y)$ の重み付き平均を表わしている。距離 T_{ij} および重み W_{ij} は、次式（22）において、 L の値が大きい場合に、ほぼ0の値となるように設定される。

【数 2 2】

$$H_{KC}(L, \{T_{ij}\}) = \sum_{i=1}^{i=K} \sum_{j=1}^{j=J(i)} W_{ij} \cdot H_c(L, T_{ij}, R_i) \quad \dots (22)$$

【0 1 1 3】

ここで、 $H_{KC}(L, \{T_{ij}\})$ は、画像 $H_K(x, y)$ の重みを表わしており、上記式（22）に示された右辺の項は、上記式（6）により定義される。

【0 1 1 4】

例えば、3枚の異なる錯乱円を持つ画像の場合、 $k = 3$ 、 $J(1) = 1$ 、 $J(2) = 1$ 、 $J(3) = 1$ 、 $T_{11} = R_2$ 、 $T_{21} = R_1$ 、 $T_{31} = R_1 + R_2 - R_3$ 、 $W_{11} = W_1 = (\pi R_1)^2$ 、 $W_{21} = W_2 = -2 \cdot (\pi R_2)^2$ 、 $W_{31} = W_3 = (\pi R_3)^2$ である。

【0 1 1 5】

また、例えば、2枚の異なる錯乱円を持つ画像の場合、 $k = 2$ 、 $J(1) = 1$ 、 $J(2) = 1$ 、 $T_{11} = R_2$ 、 $T_{21} = R_1$ 、 $W_{11} = W_1 = (\pi R_1)^2$ 、 $W_{21} = W_2 = -1.2 \cdot (\pi R_2)^2$ である。

【0 1 1 6】

以上のように、レンズを移動させることなく、複数枚のぼけ具合の異なる画像から、ピントの合ったシャープな1枚の画像を得ることができる。

【0 1 1 7】

また、レンズ11に入射される光の赤色、緑色、および青色のそれぞれの色に対して、ピントのぼけ具合の異なる画像をもつものとして、重み付き平均を行うようにしてもよい。これにより、色収差を無視することができないようなレンズ

にも対応することができる。

【0118】

さらにまた、奥行きのある風景を撮影した場合には、画面を分割して、それぞれピントのぼけ具合の異なる画像をもつものとして、重み付き平均を行うようにしてもよい。これにより、パンフォーカス（画像内に撮影されている手前から奥までの全ての被写体に焦点が合っている状態）の画像を得ることができる。

【0119】

上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるが、ソフトウェアにより実行させることもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどに、記録媒体からインストールされる。

【0120】

この記録媒体は、図3に示すように、コンピュータとは別に、ユーザにプログラムを提供するために配布される、プログラムが記録されている磁気ディスク41（フロッピーディスクを含む）、光磁気ディスク42（MD（Mini-Disk）を含む）、光ディスク43（CD-ROM（Compact Disk-Read Only Memory）、DVD（Digital Versatile Disk）を含む）、もしくは不揮発性メモリ44などよりなるパッケージメディアにより構成されるだけでなく、コンピュータに予め組み込まれた状態でユーザに提供される、プログラムが記録されているプログラムメモリ22などで構成される。

【0121】

なお、本明細書において、記録媒体に記録されるプログラムを記述するステップは、記載された順序に沿って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理をも含むものである。

【0122】

【発明の効果】

以上のように、本発明の画像処理装置および方法、並びに記録媒体に記録されているプログラムによれば、撮像された複数の画像の重みを算出するとともに、複数の画像の平均値を算出し、算出された重みと複数の画像の平均値に基づいて、重み付き平均を求めることにより、対象物体の最適な画像を生成するようにしたので、低コストで、ピントの合った画像を生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用した実施の形態の構成例を示す図である。

【図 2】

図 1 の撮像装置の光学系の構成例を示す図である。

【図 3】

図 1 の画像処理装置のハードウェアの電氣的構成例を示すブロック図である。

【図 4】

式 (4) において、 (u, v) の二重積分の値が 1 である範囲を示す図である。

【図 5】

式 (5) で算出される値がどのような範囲の値であるのかを示す図である。

【図 6】

式 (4) で算出される値がどのような範囲の値であるのかを示す図である。

【図 7】

式 (4) で算出される値がどのような範囲の値であるのかを示す他の例の図である。

【図 8】

式 (9) で算出される値がどのような範囲の値であるのかを示す図である。

【図 9】

式 (11) で算出される値がどのような範囲の値であるのかを示す図である。

【図 10】

画像修復処理を説明するフローチャートである。

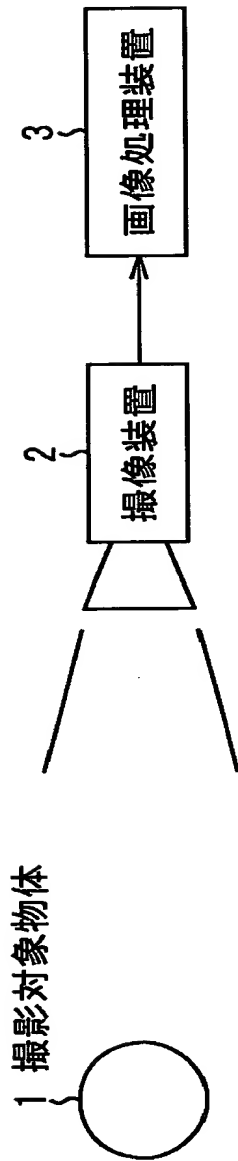
【符号の説明】

1 撮影対象物体, 2 撮像装置, 3 画像処理装置, 11 レンズ,

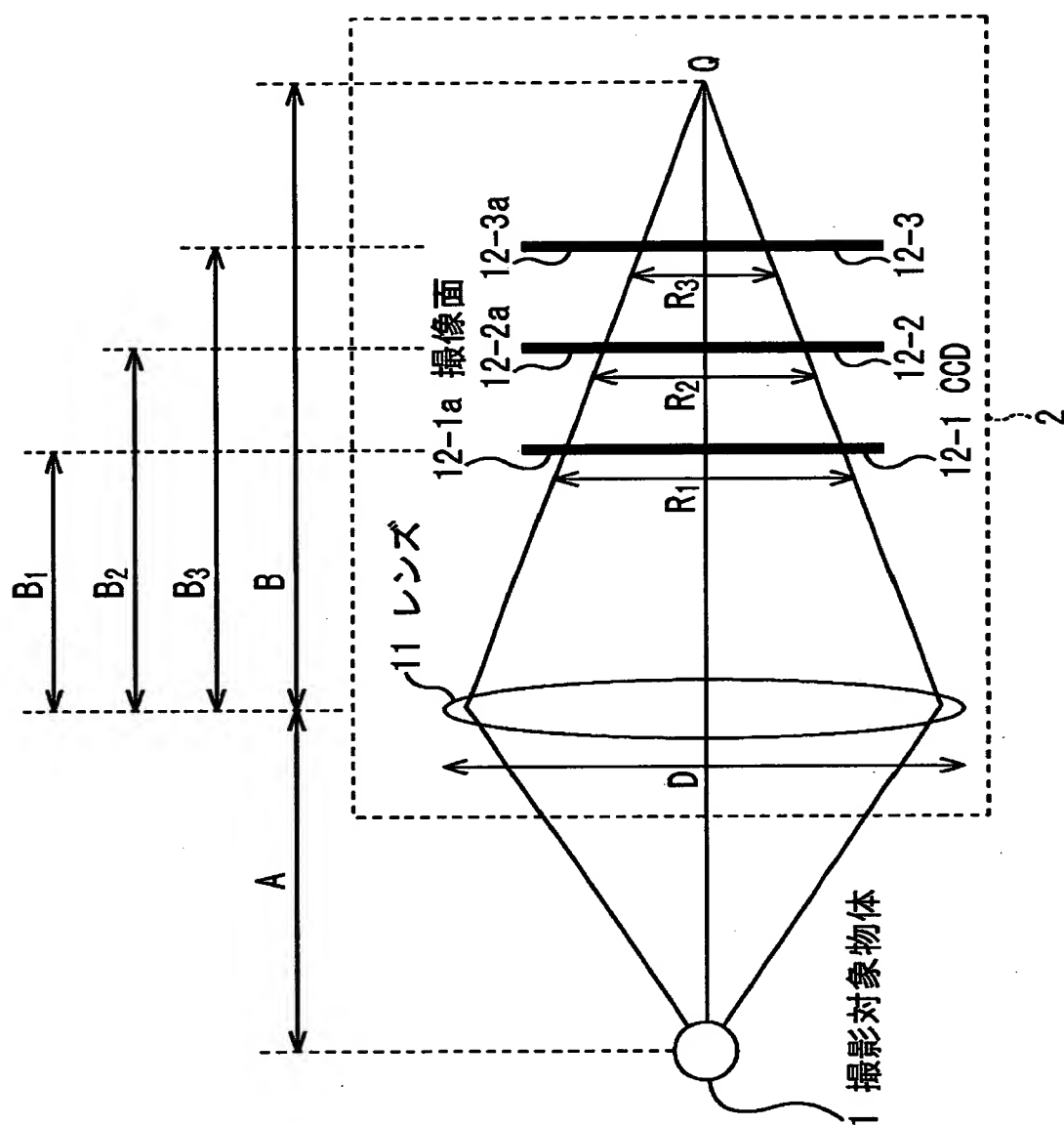
1 2 - 1 乃至 1 2 - 3 CCD, 1 2 - 1 a 乃至 1 2 - 3 a 撮像面, 2 1
演算処理回路, 2 2 プログラムメモリ, 2 3 データメモリ, 2 4
フレームメモリ, 2 7 入出力端子, 2 8 入力部, 2 9 画像表示部

【書類名】図面

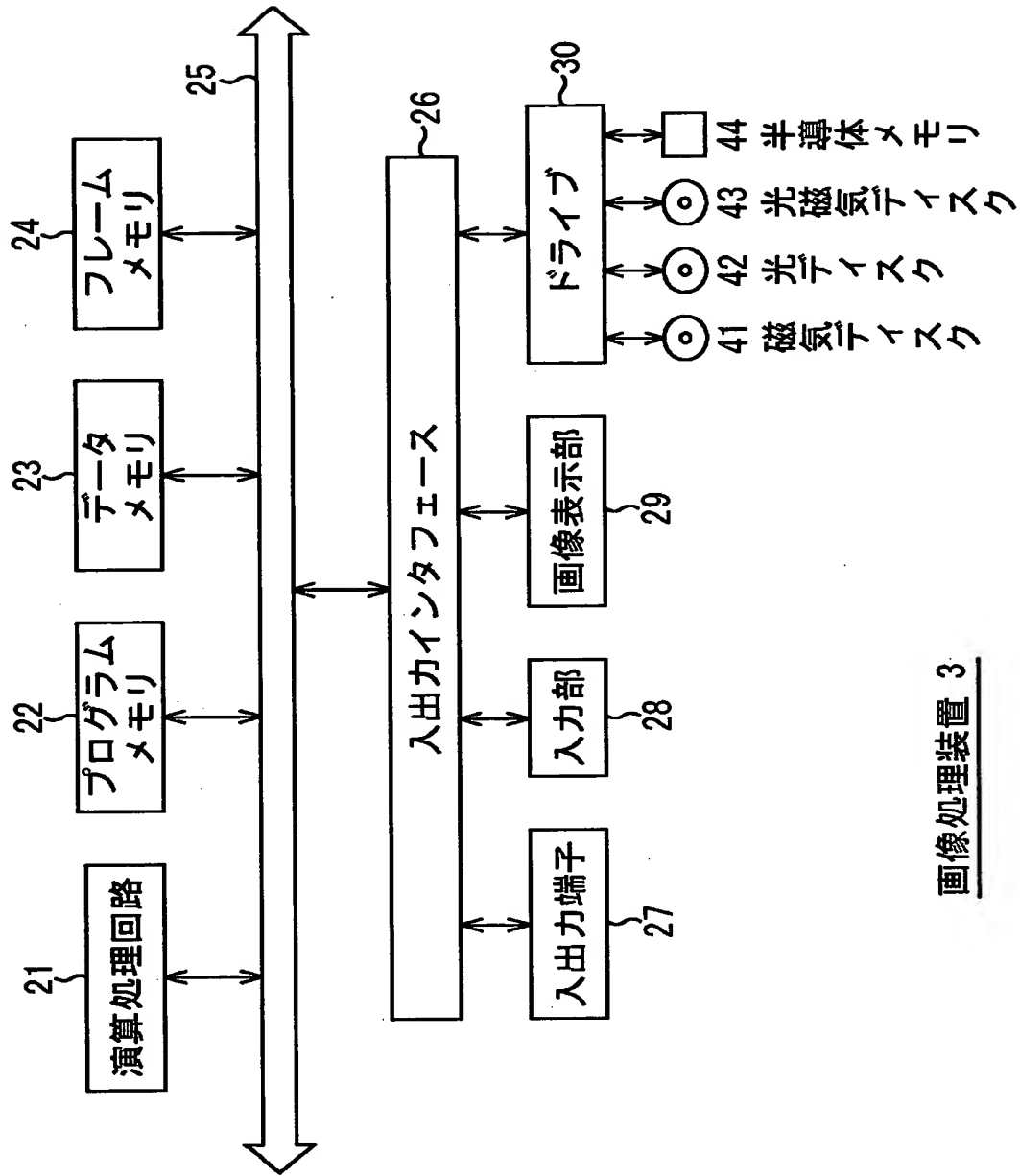
【図 1】



【図 2】

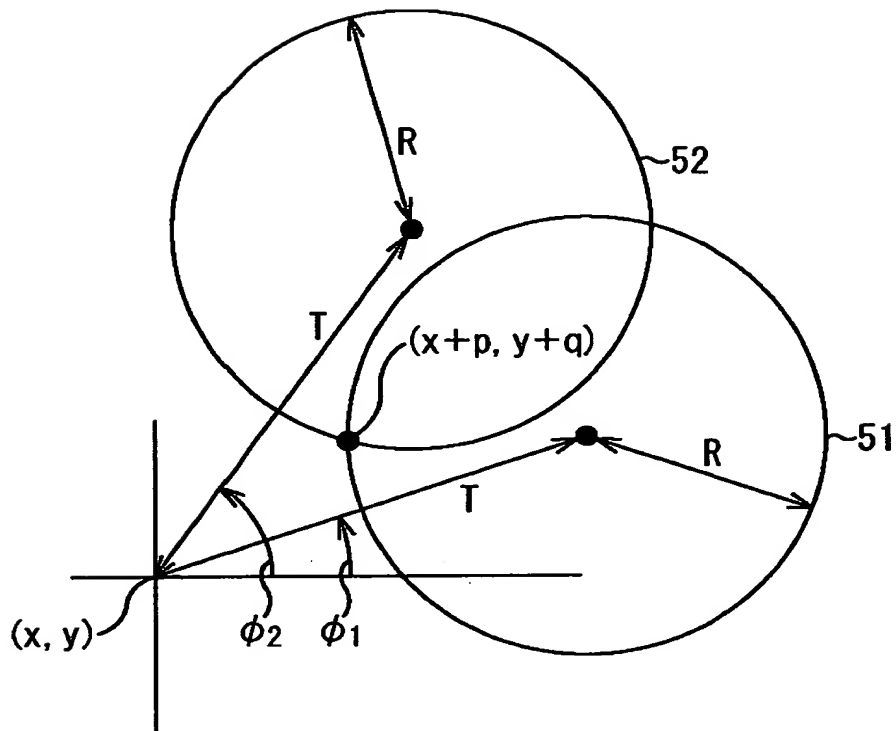


【図 3】

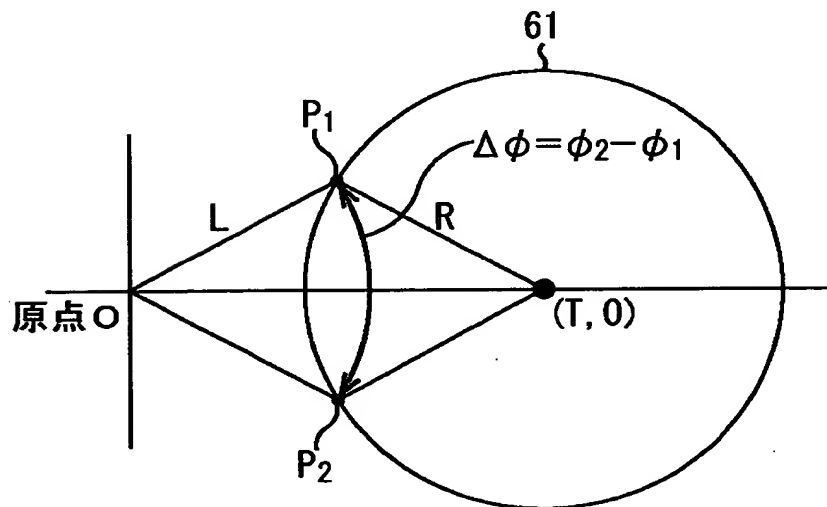


画像処理装置 3

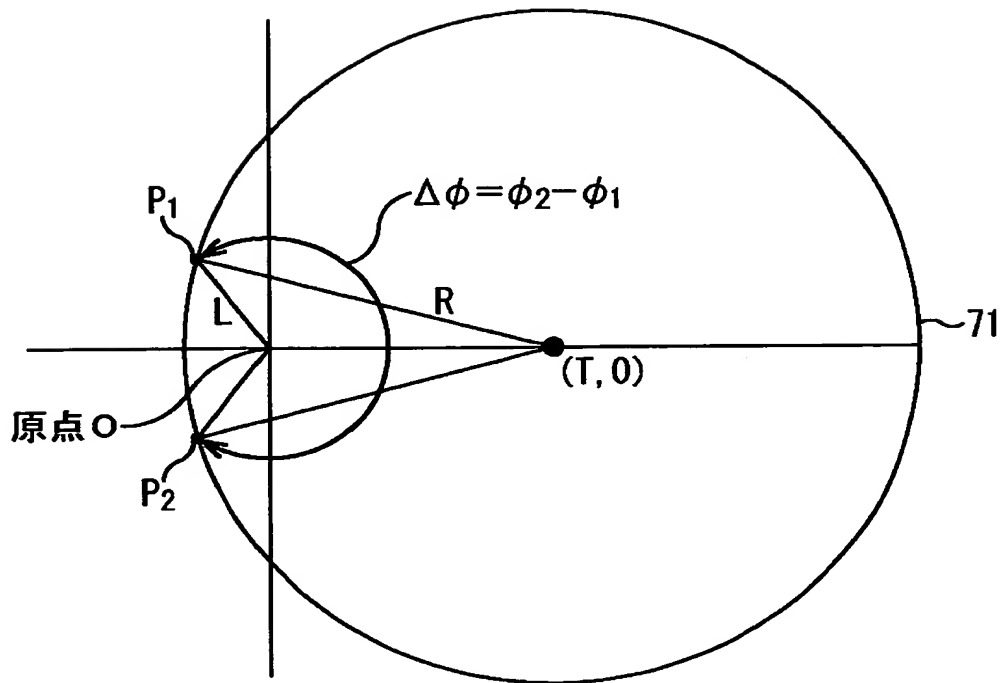
【图 4】



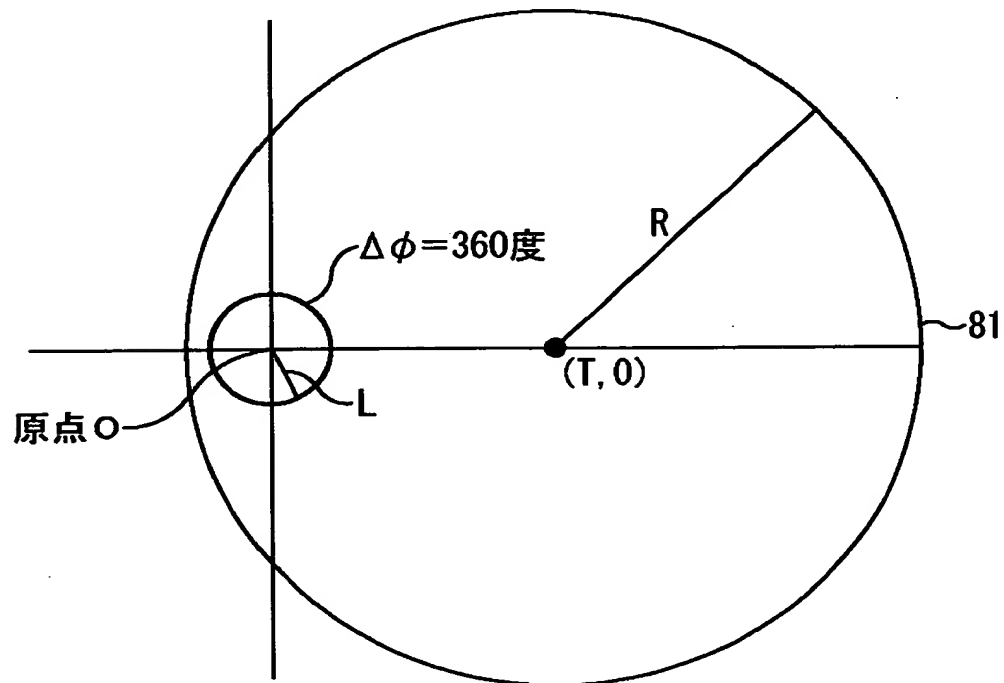
【图 5】



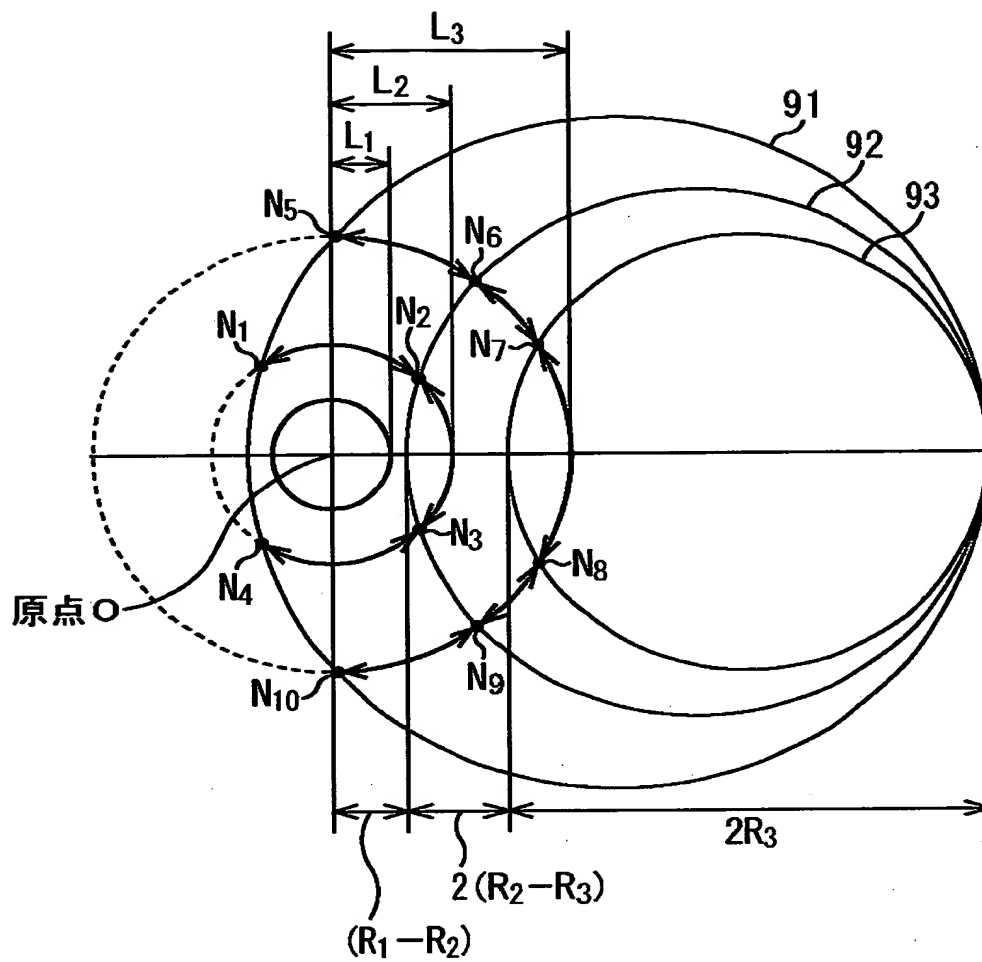
【図 6】



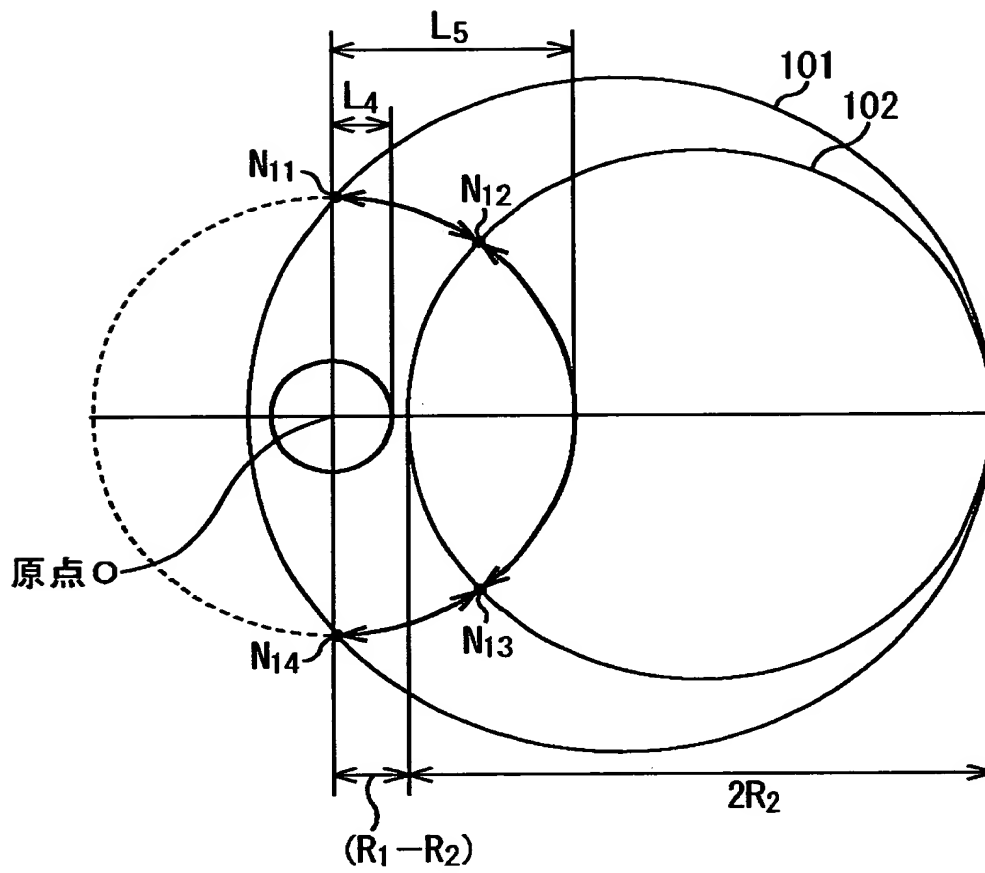
【図 7】



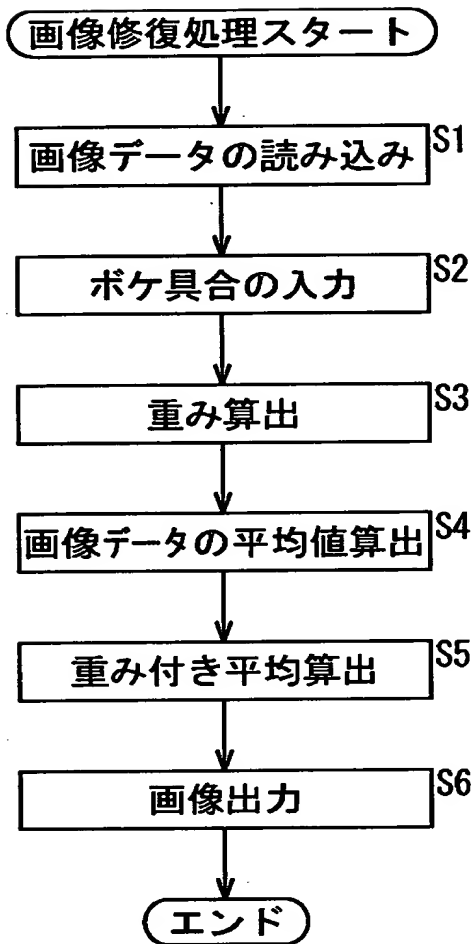
【図 8】



【图 9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ピントの合った画像を生成することができるようにする。

【解決手段】 ステップ S 1, S 2 において、演算処理回路は、修復を行うための複数の画像データを撮像装置から読み込み、その画像データに対してぼけ具合の入力を行う。ステップ S 3, S 4 において、演算処理回路は、ぼけ具合の入力が行われた画像データの重みを算出するとともに、その画像データの平均値を算出する。ステップ S 5 において、演算処理回路は、算出された画像データの平均値に対して、算出された重みを用いて、重み付き平均を行う。ステップ S 6 において、演算処理回路は、重み付き平均が行われた画像を画像表示部に出力させる。

【選択図】 図 1 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名 ソニー株式会社